

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AL

(11)Publication number : 2001-321340

(43)Date of publication of application : 20.11.2001

(51)Int.Cl. A61B 3/10

(21)Application number : 2000-141032

(71)Applicant : TOPCON CORP

(22)Date of filing : 12.05.2000

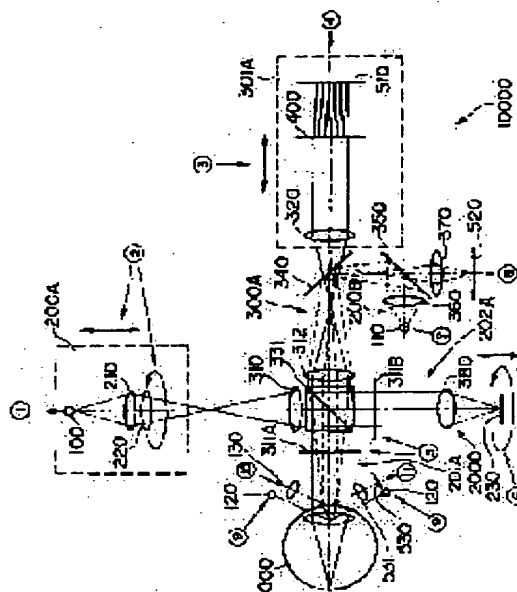
(72)Inventor : MIHASHI TOSHIBUMI
HIROHARA YOKO

(54) EYE CHARACTERISTICS MEASURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an eye characteristics measuring device for measuring optical characteristics of the eye at a high accuracy by comparing a difference at the data measured in a reference optical path, and to provide in particular an eye characteristics measuring device equipped with a separated reference optical path from a pass for the measurement.

SOLUTION: A reference optical system illuminates a micro-zone in a reflection surface of a reference reflection object 2000 by a light flux from a first light source 100, it receives light of the light flux reflected from the reference reflection object 2000 to return, a first converting member 400 converts the reflection light flux received by a measurement optical system and/or the reference optical system into plural beams, a first light receiving part 510 receives plural light fluxes converted by the converting member 400, a change-over part alternately introduces the light fluxes of the measurement optical system and the reference optical system to the first light receiving part 510, and an operation control part determines optical characteristics of a subject eye 1000 to be examined based on a received position of the light flux from the measurement optical system and a received position of the light flux from the reference optical system obtained by the first light receiving part 510.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-321340
(P2001-321340A)

(43) 公開日 平成13年11月20日 (2001. 11. 20)

(51) Int.Cl.⁷

A 6 1 B 3/10

識別記号

F I

A 6 1 B 3/10

テ-マ-ド* (参考)

Z

H

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2000-141032(P2000-141032)

(22) 出願日 平成12年5月12日 (2000. 5. 12)

(71) 出願人 000220343

株式会社トプコン

東京都板橋区蓮沼町75番1号

(72) 発明者 三橋 俊文

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト
プコン内

(72) 発明者 広原 陽子

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト
プコン内

(74) 代理人 100089967

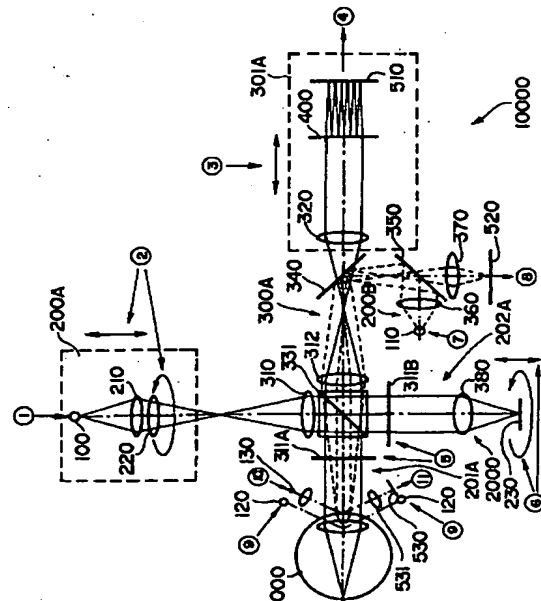
弁理士 和泉 雄一

(54) 【発明の名称】 眼特性測定装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】被検眼の光学特性を測定する際に、参照光路での測定データとの関係からの差分をとることにより、高精度の測定を行う測定装置であり、特に、測定受光系とは、別の参照光学系を備えた眼特性測定装置を提供する。

【解決手段】参照光学系が、第1光源100からの光束で参照反射物2000の反射面上を微小な領域を照明し、参照反射物から反射して戻ってくる光束を受光し、第1変換部材400が、測定光学系又は及び参照光学系で受光された反射光束を複数のビームに変換し、第1受光部510が、変換部材で変換された複数の光束を受光し、切換部が、測定光学系及び参照光学系の光束を交互に第1受光部に導き、演算制御部が、第1受光部で得られた測定光学系からの光束の受光位置及び参照光学系からの光束の受光位置に基づいて被検眼1000の光学特性を求めることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 波長の光束を発するための第 1 光源と、該第 1 光源からの光束で被検眼の対象面に向けて照明し、該被検眼対象面から反射して戻ってくる光束を受光するための測定光学系と、該第 1 光源からの光束で参照反射物の反射面上を微小な領域を照明し、該参照反射物から反射して戻ってくる光束を受光するための参照光学系と、前記測定光学系又は及び参照光学系で受光された反射光束を複数のビームに変換するための第 1 変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光するための第 1 受光部と、前記測定光学系及び前記参照光学系の光束を交互に前記第 1 受光部に導くための切換部と、第 1 受光部で得られた測定光学系からの光束の受光位置及び前記参照光学系からの光束の受光位置に基づいて被検眼の光学特性を求めるための演算制御部と、から構成される眼特性測定装置。

【請求項 2】 演算制御部は、測定光学系からの光束を受けた際の前記第 1 受光部の出力信号から設定用データを得て、ここで得られた設定用データに基づき前記参照光学系の参照反射物の条件を設定する様に構成されている請求項 1 記載の眼特性測定装置。

【請求項 3】 被検眼対象面は、被検眼角膜であり、前記測定光学系は、該第 1 光源からの光束で被検眼角膜を微小領域で照明する様に構成し、前記演算制御部が、被測定眼の屈折力の光学特性を求める請求項 2 記載の眼特性測定装置。

【請求項 4】 被検眼対象面は、被検眼角膜であり、前記測定光学系は、該第 1 光源からの光束で略被検眼角膜の曲率中心に向けて照明する様に構成し、前記演算制御部が被測定眼の角膜形状を求める請求項 2 記載の眼特性測定装置。

【請求項 5】 参照反射物は、少なくとも屈折力を有するレンズ部と、拡散作用を有する反射面とで形成し、少なくとも該反射面が微動可能に形成される模型眼とされ、前記演算制御部は、前記模型眼を微動可能に駆動し、ノイズ、例えばスเปックルパターン等を除去する請求項 2 又は請求項 3 記載の眼特性測定装置。

【請求項 6】 演算制御部が求める前記設定用データは、少なくとも被測定眼の概略の球面成分を含むものとし、前記演算制御部は、前記設定用データに応じて参照反射面の位置又は前記レンズ部の屈折力を変化させる請求項 5 記載の眼特性測定装置。

【請求項 7】 演算制御部が求める前記設定用データは、さらに被測定眼の概略の非点収差成分を含むものとし、これに応じて前記レンズ部の屈折力を変化させる請求項 6 記載の眼特性測定装置。

【請求項 8】 参照反射物は、少なくとも所定の曲率を有する反射面で、かつ光軸方向に移動可能に形成され、前記演算制御部が求める前記設定用データは、少なくとも被測定眼の概略の角膜の形状に相当するものを含むも

のとし、前記演算制御部は、設定用データに応じて、前記反射面を光軸方向の位置を変化させる請求項 2 又は請求項 4 記載の眼特性測定装置。

【請求項 9】 演算制御部は、設定用データに応じて、参照光学系の光束の収束位置と前記反射面の曲率中心が略一致するように光軸方向へ移動させる請求項 8 記載の眼特性測定装置。

【請求項 10】 演算制御部が求める前記設定用データは、更に被測定眼の概略の角膜の形状の非点収差成分を含むものとし、前記演算制御部は、前記設定用データに応じて前記レンズ部の屈折力を変化させる請求項 9 記載の眼特性測定装置。

【請求項 11】 参照反射部は、複数種類用意されており、被検眼の光学特性に応じて、選択可能に構成されている請求項 1 から請求項 4 の何れか 1 項記載の眼特性測定装置。

【請求項 12】 切換部は、測定光学系と参照光学系にそれぞれ配置される一対の検光子で構成されている請求項 1 から請求項 4 の何れか 1 項記載の眼特性測定装置。

【請求項 13】 切換部は、ビームスプリッターを含み、このビームスプリッターは、測定光学系と参照光学系にそれぞれ配置されるひし型プリズムで構成されている請求項 1 から請求項 4 の何れか 1 項記載の眼特性測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被検眼の光学特性を測定する際に、参照光路での測定データとの関係からの差分をとることにより、高精度の測定を行う測定装置であり、特に、測定受光系とは、別の参照光学系を備えた眼特性測定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】眼特性測定装置の測定結果には、眼の収差と測定装置の収差との両方が含まれている。従って、機器の収差をキャンセルするために、予め収差のない被検物を使用して機器の収差を測定することが行われていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記従来の方法では、初期に測定したデータを使用するため、その後生じた機器の歪や、温度による変形等に起因する機器の収差に含まれてしまうという問題点があった。

【0004】従って、測定時の収差を完璧に取り除くことができ、極めて正確な測定を行うことができる眼特性測定装置の出現が強く望まれていた。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題に鑑み案出されたもので、第 1 波長の光束を発するための第 1 光源と、該第 1 光源からの光束で被検眼の対象面に向けて照明し、該被検眼対象面から反射して戻ってくる光束

を受光するための測定光学系と、該第1光源からの光束で参照反射物の反射面上を微小な領域を照明し、該参照反射物から反射して戻ってくる光束を受光するための参照光学系と、前記測定光学系又は及び参照光学系で受光された反射光束を複数のビームに変換するための第1変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光するための第1受光部と、前記測定光学系及び前記参照光学系の光束を交互に前記第1受光部に導くための切換部と、第1受光部で得られた測定光学系からの光束の受光位置及び前記参照光学系からの光束の受光位置に基づいて被検眼の光学特性を求めるための演算制御部とから構成されている。

【0006】また本発明の演算制御部は、測定光学系からの光束を受けた際の前記第1受光部の出力信号から設定用データを得て、ここで得られた設定用データに基づき前記参照光学系の参照反射物の条件を設定する様に構成することもできる。

【0007】更に本発明の被検眼対象面は、被検眼網膜であり、前記測定光学系は、該第1光源からの光束で被検眼網膜を微小領域で照明する様に構成し、前記演算制御部が、被測定眼の屈折力の光学特性を求める構成にすることもできる。

【0008】そして本発明の被検眼対象面は、被検眼角膜であり、前記測定光学系は、該第1光源からの光束で略被検眼角膜の曲率中心に向けて照明する様に構成し、前記演算制御部が被測定眼の角膜形状を求める構成にすることもできる。

【0009】また本発明の参照反射物は、少なくとも屈折力を有するレンズ部と、拡散作用を有する反射面とで形成し、少なくとも該反射面が微動可能に形成される模型眼とされ、前記演算制御部は、前記模型眼を微動可能に駆動し、ノイズ、例えばスペckルパターン等を除去する構成にすることもできる。

【0010】更に本発明の演算制御部が求める前記設定用データは、少なくとも被測定眼の概略の球面成分を含むものとし、前記演算制御部は、前記設定用データに応じて参照反射面の位置又は前記レンズ部の屈折力を変化させる構成にすることもできる。

【0011】そして本発明の演算制御部が求める前記設定用データは、さらに被測定眼の非点収差成分を含むものとし、これに応じて前記レンズ部の屈折力を変化させる構成にすることもできる。

【0012】また本発明の参照反射物は、少なくとも所定の曲率を有する反射面で、かつ光軸方向に移動可能に形成され、前記演算制御部が求める前記設定用データは、少なくとも被測定眼の角膜の形状に相当するものを含むものとし、前記演算制御部は、設定用データに応じて、前記反射面を光軸方向の位置を変化させる構成にすることもできる。

【0013】更に本発明の演算制御部は、設定用データ

に応じて、参照光学系の光束の収束位置と前記反射面の曲率中心が略一致するように光軸方向へ移動させる構成にすることもできる。

【0014】そして本発明の演算制御部が求める前記設定用データは、更に被測定眼の非点収差成分を含むものとし、前記演算制御部は、前記設定用データに応じて前記レンズ部の屈折力を変化させる構成にすることもできる。

【0015】また本発明の参照反射部は、複数種類用意されており、被検眼の光学特性に応じて、選択可能に構成することもできる。

【0016】更に本発明の切換部は、測定光学系と参照光学系にそれぞれ配置される一対の検光子で構成することもできる。

【0017】そして本発明の切換部は、ビームスプリッターを含み、このビームスプリッターは、測定光学系と参照光学系にそれぞれ配置されるひし型プリズムで構成することもできる。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明は上記課題に鑑み案出されたもので、第1光源が第1波長の光束を発生し、測定光学系が、第1光源からの光束で被検眼の対象面に向けて照明し、被検眼対象面から反射して戻ってくる光束を受光し、参照光学系が、第1光源からの光束で参照反射物の反射面上を微小な領域を照明し、参照反射物から反射して戻ってくる光束を受光し、第1変換部材が、測定光学系又は及び参照光学系で受光された反射光束を複数のビームに変換し、第1受光部が、変換部材で変換された複数の光束を受光し、切換部が、測定光学系及び参照光学系の光束を交互に第1受光部に導き、演算制御部が、第1受光部で得られた測定光学系からの光束の受光位置及び参照光学系からの光束の受光位置に基づいて被検眼の光学特性を求めることができる。

【0019】また本発明の演算制御部は、測定光学系からの光束を受けた際の前記第1受光部の出力信号から設定用データを得て、ここで得られた設定用データに基づき参照光学系の参照反射物の条件を設定することもできる。

【0020】更に本発明の被検眼対象面は、被検眼網膜であり、測定光学系は、第1光源からの光束で被検眼網膜を微小領域で照明し、演算制御部が、被測定眼の屈折力の光学特性を求めることもできる。

【0021】そして本発明の被検眼対象面は、被検眼角膜であり、測定光学系は、第1光源からの光束で略被検眼角膜の曲率中心に向けて照明し、演算制御部が被測定眼の角膜形状を求めることもできる。

【0022】また本発明の参照反射物は、少なくとも屈折力を有するレンズ部と、拡散作用を有する反射面とで形成し、少なくとも該反射面が微動可能に形成される模型眼とされ、演算制御部は、模型眼を微動可能に駆動し、ノイズ、例えばスペckルパターン等を除去するこ

ともできる。

【0023】更に本発明の演算制御部が求める設定用データは、少なくとも被測定眼の概略の球面成分を含むものとし、演算制御部は、設定用データに応じて参照反射面の位置又はレンズ部の屈折力を変化させることもできる。

【0024】そして本発明の演算制御部が求める設定用データは、さらに被測定眼の非点収差成分を含むものとし、これに応じてレンズ部の屈折力を変化させることもできる。

【0025】また本発明の参照反射物は、少なくとも所定の曲率を有する反射面で、かつ光軸方向に移動可能に形成され、演算制御部が求める設定用データは、少なくとも被測定眼の角膜の形状に相当するものを含むものとし、演算制御部は、設定用データに応じて、反射面を光軸方向の位置を変化させることもできる。

【0026】更に本発明の演算制御部は、設定用データに応じて、参照光学系の光束の収束位置と反射面の曲率中心が略一致するように光軸方向へ移動させることもできる。

【0027】そして本発明の演算制御部が求める設定用データは、更に被測定眼の非点収差成分を含むものとし、演算制御部は、設定用データに応じてレンズ部の屈折力を変化させることもできる。

【0028】また本発明の参照反射部は、複数種類用意されており、被検眼の光学特性に応じて、選択可能に構成することもできる。

【0029】更に本発明の切換部は、測定光学系と参照光学系にそれぞれ配置される一対の検光子にすることもできる。

【0030】そして本発明の切換部は、ビームスプリッターを含み、このビームスプリッターは、測定光学系と参照光学系にそれぞれ配置されるひし型プリズムで構成することもできる。

【0031】

【実施例】

【0032】以下、本発明の実施例を図面により説明する。

【0033】〔第1実施例〕

【0034】本発明の第1実施例である眼特性測定装置10000は、図1に示す様に、第1波長の光束を発するための第1の光源部100と、第1の光源部100からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系200Aと、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材400を介して第1受光部510に導くための第1受光光学系300Aと、第2の光源部110からの光束を、集光レンズ360、ビームスプリッター350、340を介して対象物である被検眼1000を略

平行な光束で照明する第2照明光学系200Bと、前眼部から反射して戻ってくる第2光束を第2受光部520に導くための第2受光光学系300Bと、光束の傾き角に対応する第1受光部510からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めるための演算部600とから構成されている。なお、第1の光源部100は第1光源に該当し、第1照明光学系200Aが測定光学系に該当する。

【0035】そして演算部600が、制御部610を含む全体の制御を司っている。更に、制御部610は、第1受光部510、第2受光部520、第3受光部530からの信号④、⑤、(11)からの信号を受け取り、第1の光源部100乃至第4の光源部130の点滅制御及び、第1駆動部910乃至第4駆動部940の駆動を司るとともに、表示部700、メモリ800の制御を行う。なお第1受光部510からの信号④は、設定用データを形成することができる。

【0036】第1の光源部100は、空間コヒーレンスが高く、時間コヒーレンスは高くないものが望ましい。本第1実施例の第1の光源部100には、SLDが採用されており、輝度が高い点光源を得ることができる。

【0037】また、本第1実施例の第1の光源部100は、SLDに限られるものではなく、レーザーの様に空間、時間ともコヒーレンスが高いものでも、回転拡散板などを挿入することにより、適度に時間コヒーレンスを下げることで利用できる。

【0038】そして、SLDの様に、空間、時間ともコヒーレンスが高くないものでも、光量さえ充分であれば、ピンホール等を光路の光源の位置に挿入することで、使用可能になる。

【0039】本第1実施例の照明用の第1の光源部100の波長は、赤外域の波長、例えば780nmを使用することができる。

【0040】第1照明光学系200Aは、第1の光源部100からの光束で被検眼眼底上で微小な領域を照明するためのものである。第1照明光学系200Aは、第1の光源部100と第1のコリメータレンズ210とシリンドカルレンズ220とからなり、被検眼1000を照明するものである。

【0041】第1受光光学系300Aは、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し第1受光部510に導くためのものである。第1受光光学系300Aは、第1のチョッパ311Aと、プリズム331と、第2のアフォーカルレンズ312と、第1受光手段301Aとから構成されている。また、第1受光手段301Aは、第1のコリメートレンズ320と、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材400と、第1受光部510とから構成されている。

【0042】また、第1受光光学系300Aには、ビームスプリッター331が挿入されており、ビームスプリ

ッター331は、第1照明光学系200Aからの光を分離し、一方を測定光学系201Aを介して被検眼1000に向かわせ、他方を参照光路202Aを介して参照反射部2000に向かわせる。

【0043】さらに、ビームスプリッター331は、被検眼1000で散乱された散乱光を通過させ、参照反射面2000aで散乱された散乱光を反射させ、第1受光光学系300Aに導くものである。図1では、ビームスプリッター331が、ビームスプリッター面を有する貼り合わせプリズムで構成されているが、ビームスプリッター331を薄膜であるベリクルにより構成することもできる。ビームスプリッター331を菱形プリズムによって形成することにより、光軸に対して入射又は射出面が直交から僅かに傾斜することとなり有害反射光の影響を低減させることができる。

【0044】参照光路202Aは、第2のチョッパ311Bと集光レンズ380とから構成されている。参照光路202Aには、微動可能な参照反射面230が、さらに設定データとしての被検眼の球面成分に応じてその位置を変化できるように構成されている。

【0045】ここで参照反射部2000は、少なくとも屈折力を有するレンズ部と、拡散作用を有する反射面とから形成されている。参照反射部2000は例えば、模型眼等が該当する。この模型眼に使用するレンズ部の収差は、設計値から求めたものと、ある決まったディオプター位置において、干渉計で測定したものを考慮する。なお、模型眼の眼底が拡散板となっている。

【0046】また、参照反射部は、図10に示すように、一面を球面240で形成し、他面を拡散面242で形成したガラスロッド2000Aにより構成することもできる。ここで、一面の球面が角膜に相当し、拡散面242が網膜に相当するものとなる。屈折力測定の場合には、被検眼の球面成分に応じて球面240と拡散面242までの間隔を異ならせたガラスロッド2000Aを複数用意しておき、これを被検眼の球面成分に応じて適切なガラスロッドを選択して測定する。必要に応じて、球面の曲率半径が異なるもの又は球面の曲率半径及び球面240と拡散面242までの間隔が異なるものを用意しておきこれらを選択するようにしてもかまわない。

【0047】角膜測定の場合には、被検眼の球面成分に応じて球面240の曲率半径を異ならせたガラスロッド2000Aを複数用意しておき、これを被検眼の球面成分に応じて適切なガラスロッドを選択して測定する。

【0048】被検眼1000のSに合わせて参照反射部2000と眼底の距離Lを調節する。即ち、 $L = f / (1 + fD)$ となる。ここで、レンズ部の焦点距離をfとし、被検眼1000の屈折力をDとする。なお参照光路202Aは、参照光学系に該当するものである。

【0049】被検眼1000の網膜に点光源が照明されるように第1照明光学系200Aを光軸方向に移動させ

れば、光束の収束度合いを変化させることができるが、この変化に応じて、参照光路202Aの集光レンズ380により、第1照明光学系200Aの光束が参照反射部2000上に収束する様に、少なくとも参照反射部2000を、必要に応じて集光レンズ380を光軸方向に移動させる。いわゆる眼軸長の調整に相当するものである。

【0050】第1受光部510は、変換部材400を通過した第1受光光学系300Aからの光を受光し、第1信号④を生成するためのものである。

【0051】第1の光源部100に対して被検眼1000の眼底及び参照反射面230とが共役となっており、被検眼1000の眼底及び参照反射面230の眼底（模型眼の眼底に相当する）と第1受光部510とが共役となっている。更に、変換部材400と瞳孔も共役となっており、瞳孔と参照反射面230の瞳が共役となっている。

【0052】即ち、第1のアフォーカルレンズ310の前側焦点は、被検査対象物である被検眼前眼部と略一致している。

【0053】そして、第1照明光学系200Aと第1受光光学系300Aとは、第1の光源部100からの光束が集光する点で反射されたとして、その反射光による第1受光部510での信号ピークが最大となる関係を維持して、連動して移動し、第1受光部510での信号ピークが強くなる方向に移動し、強度が最大となる位置で停止する様に構成されている。この結果、第1の光源部100からの光束が、被検眼眼底上で集光することとなる。第1の光源部100は、測定準備が整ってから一定の短時間だけ点灯する様に構成されていることが望ましい。

【0054】次に、変換部材400について説明する。

【0055】第1受光光学系300Aに配置された変換部材400は、反射光束を複数のビームに変換する波面変換部材である。本第1実施例の変換部材400には、光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズが採用されている。

【0056】測定対象部を球面成分と3次の非点収差以外のその他の高次収差まで測定するためには、測定対象物を介した少なくとも17本のビームで測定する必要がある。変換部材の一例を図9a、図9bで示す。何れも中心の開孔が光学系の光軸に一致して配置される。

【0057】ここでマイクロフレネルレンズについて詳細に説明する。

【0058】マイクロフレネルレンズは波長ごとの高さピッチの輪帯をもち、集光点と平行な出射に最適化されたブレードを持つ光学素子である。ここで利用することのできるマイクロフレネルレンズは、例えば、半導体微細加工技術を応用した8レベルの光路長差をつけたもので、98%の集光効率を実現できる。

【0059】眼底からの反射光は、第2のアフォーカルレンズ312及びコリメートレンズ320を通過し、変換部材400を介して、その1次光として第1受光部510上に集光する。ここで0次光は透過光束に相当し、1次光は収束光束に相当する。

【0060】また変換部材400は、少なくとも17個の領域に分けられた各領域において、収束作用を行うマイクロレンズ部又は回折作用を行う開口部分で構成することも可能である。

【0061】本第1実施例の変換部材400は、反射光束を少なくとも17本以上のビームに変換する波面変換部材から構成されている。

【0062】次に第1受光部510は、変換部材400で変換された複数のビームを受光するためのものであり、本第1実施例では、リードアウトノイズの少ないCCDが採用されている。CCDは、他に低ノイズタイプの一般的なものから測定用の2000×2000素子の冷却CCD等、何れのタイプのものが使用できる。

【0063】低ノイズタイプのCCDとそのドライバーからの画像信号出力は、適応した画像入力ボードを使用することで簡単に実現することができる。

【0064】更に、対象物である被検眼1000と光学特性測定装置10000との作動距離を調整する作動距離調整光学系、対象物である被検眼1000と光学特性測定装置10000との光軸と直交方向の位置関係を調整するアライメント光学系、及び対象物を照明するための第2照明光学系200Bが設けられている。

【0065】アライメントは、次の様に行われる。第2照明光学系200Bの第2の光源部110からの光束を、集光レンズ360、ビームスプリッター350、340を介して対象物である被検眼1000を略平行な光束で照明する。被検眼角膜で反射した反射光束は、あたかも角膜曲率半径の1/2の点から射出したような発散光束で射出される。この発散光束は、第2受光光学系300Bであるビームスプリッター350、340及び集光レンズ370を介して第2受光部520でスポット像として受光される。第2受光部520上でスポット像が光軸上から外れている場合には、これが光軸上にくる様に光学特性測定装置10000本体を上下左右に移動調整する。第2受光部520上でスポット像が光軸上に一致したときに、アライメント調整が完了する。

【0066】第2の光源部110の波長は、第1の光源部100の波長と異なり、これよりも長い波長、例えば940nmが選択できる。なお、第2の光源部110と瞳孔が共役であり、瞳孔と第2受光部520とが共役となっている。

【0067】ビームスプリッター340が、第1の光源部100の波長を透過し、第2の光源部110の波長を反射するようなダイクロミックミラーで形成することにより、互いの光束がもう一方の光学系に入りノイズとな

ることを防止できる。

【0068】次に、作動距離調整は、第4の光源部130から射出された光軸付近の光束を対象物に向けて照射し、対象物である被検眼角膜から反射された光を集光レンズ531を介して第3受光部530により受光することにより行われる。第3受光部530は、第4の光源部130と光軸と第3受光部530とを含む面内の光束位置の変化を検出できるものであれば足り、例えば、その面内に配置した二次元CCDやポジションセンシングデバイス(PSD)により構成することができる。

【0069】被検眼が適正作動距離にある場合には、第3受光部530の光軸上に第4の光源部130からのスポット像が形成され、適正作動距離から前後に外れたときには、それぞれ光軸より上又は下にスポット像が形成されることとなる。

【0070】ここで、光学特性測定装置10000の電気的な構成を図2に基づいて説明する。眼特性測定装置10000の電気的な構成は、演算部600と、制御部610と、表示部700と、メモリ800と、第1の駆動部910と、第2の駆動部920と、第3の駆動部920と、第4の駆動部930とから構成されている。

【0071】制御部610は、演算部600からの制御信号に基づいて、第1の光源部100～第4の光源130の点灯、消灯を制御したり、第1の駆動部910と第2の駆動部920と第3の駆動部930と第4の駆動部940とを制御するためのものである。

【0072】第1の駆動部910は、演算部600に入力された第1受光部510からの信号に基づいて、第1照明光学系200A全体を光軸方向に移動させ、又は第1照明系200Aの第1のシリンダーレンズ220を光軸周りに回転調節させるためのものである。第1の駆動部910は適宜のレンズ移動手段を駆動させて、照明光学系200Aの移動、調節が行われる様に構成されている。従って第1の駆動部910は、被検眼の網膜に点光源が照明される様に第1照明光学系200A全体を光軸方向に移動等させるものである。

【0073】第2の駆動部920は、演算部600に入力された第1受光部510からの信号に基づいて、第1受光光学系300A全体を光軸方向に移動させるためのものである。第2の駆動部920は、適宜のレンズ移動手段を駆動させて、第1受光光学系301Aの移動、調節が行われる様に構成されている。

【0074】第3の駆動部930は、演算部600からの制御信号に基づいて、第1のチョッパ311Aと第2のチョッパ311Bを制御駆動するためのものである。

【0075】プリズム331の射出側に置かれた第1のチョッパ311Aと第2のチョッパ311Bとは、切替部に該当するもので検光子に相当するものであり、第1照明光学系200Aからの光を、測定光学系201Aと参照光路202Aとに交互に切り替えることができる。

【0076】演算部600が第3の駆動部930を駆動し、被検眼1000側である第1のチョッパ311Aを開き、模型眼側である第2のチョッパ311Bを閉じれば、測定光学系201Aが選択され、被検眼1000側である第1のチョッパ311Aを閉じ、模型眼側である第2のチョッパ311Bを開ければ、参照光路202Aが選択される。

【0077】なおプリズム331は、第1照明光学系200Aからの光を反射させて被検眼1000に向かわせる測定光学系201Aと、第1照明光学系200Aからの光を透過させて参照反射部2000に向かわせる参照光路202Aとに分離するためのものである。プリズム331は偏光ビームスプリッタにすることもでき、例えば、S偏光で反射、P偏光で透過の偏光ビームスプリッタを採用し、第1受光光学系300A内に、S偏光又はP偏光で透過の検光子を配置する構成にすることもできる。

【0078】参照光路202Aは、第2のチョッパ311Bと集光レンズ380とから構成されている。参照光路202Aには、微動可能な参照反射部2000が配置されている。なお参照反射部2000は、参照反射物に該当するものである。

【0079】第4の駆動部940は、演算部600からの制御信号に基づいて、参照反射部2000を微動させるものである。参照反射部2000は、適宜の拡散板から構成されている。参照反射部2000を微動させることにより、スペックル等のノイズの影響を除去することができる。参照反射部2000は、レボルバー式として、数種類を交換可能に構成することもできる。

【0080】この第4の駆動部940は、例えば図3(a)に示す様に、参照反射部2000を左右に移動可能なレール2100上に配置し、バネ2200の弾性復原力に抗して参照反射部2000を起立させ、ヒエゾ手段2300を駆動させることにより、参照反射部2000を移動させることができる。

【0081】また第4の駆動部940は、図3(b)に示す様に、参照反射部2000にモータ2400を連結し、参照反射部2000を回転させる構成にすることもできる。

【0082】更に第4の駆動部940は、図3(b)に示す様に、参照反射部2000を2次元方向に移動可能なステージ2500に取付け、参照反射部2000を微動させることもできる。

【0083】まず、全体の測定を第6図に基づいて説明する。

【0084】まず、S1で測定を開始する。次にS2では、設定データ測定のために、演算部600が第3の駆動部930を駆動し、被検眼1000側である第1チョッパ311Aを開き、模型眼側である第2のチョッパ311Bを閉じる。

【0085】S3においては、後に詳細に説明する図5の「眼の測定(A-2)」を行い、第1受光光学系に存在している収差を含んだ被検眼の測定結果を測定するとともに、参照反射部2000を被検眼に併せて設定するための設定データが求められる。この設定データは、具体的には、仮に与えられた正視のスポット像から得られた重心位置からの被検眼から得られたスポット像から得られた重心位置のずれ量から得られた(S、C、Ax)である。

【0086】S4では、演算部600が、S3において求められた設定データに基づき第3駆動部930を駆動し、模型眼側である第2のチョッパ311Bを開き、被検眼1000側である第1チョッパ311Aを閉じる。

【0087】そしてS5では、図4の「参照反射部の測定(A-1)」を実行する。即ち、参照反射部を被検眼の屈折力に応じて、集光レンズ部380と参照反射面230の間隔の調整が行われる。具体的には、被検眼の屈折力と角膜曲率に応じて、間隔 $L = f / (1 + fD)$ となるようにする。ここで、レンズ部の焦点距離をfとし、被検眼1000の屈折力をDとする。

【0088】更にS6では、被検眼1000と参照反射部2000(模型眼)との第1受光部510上のスポット像の重心位置のずれ量を算出する。

【0089】S7では、後述する第4式及び第5式に基づいて、ゼルニケ係数の算出を行う。

【0090】そしてS8では、演算された(S、C、Ax、SA、Coma、...)等を表示部700に表示する。

【0091】そしてS9で測定を終了するか否かを判断し、終了する場合には、S10に進み測定を終了する。またS10で測定を終了しない場合には、S2に戻る様に構成されている。

【0092】上述したフローチャートの内、S3で行われる「眼の測定(A-2)」の処理を図5に基づき、以下に説明する。

【0093】「眼の測定(A-2)」

【0094】ステップ1(以下、S1と略する)で、測定を開始する。次にS2で、被検眼の位置のアライメント調整を行う。

【0095】そしてS3では、第1受光部510によりスポット像を撮像する。次にS4で重心位置を検出する。

【0096】更にS5で、正視の重心位置からのずれ量を算出する。ここで正視の重心位置とは、正視の被検眼を測定した際に、被検眼眼底から反射された光束が変換部材400によって第1受光部510上に形成される集光光束の重心位置を意味している。

【0097】そしてS6では、後述する第4式及び第5式に基づいて、ゼルニケ係数の算出を行う。S6で、ゼルニケ係数の算出を行った後、S7に進んで測定を終了

する。

【0098】上述したフローチャートの内、S5で行われる「参照反射部の測定(A-1)」の処理を図4に基づき、以下に説明する。

【0099】「参照反射部の測定(A-1)」

【0100】図4に基づいて参照反射部の測定を説明する。ステップ1(以下、S1と略する)で、測定を開始する。次にS2では、被検眼1000の(S、C、Ax)に近い参照反射部2000(模型眼)を設置する。そしてS3では、第1受光部510から画像データ

を取得する。
【0101】更にS4では、重心位置を検出する。この重心位置は、例えば、投影される光束が受光面において複数の画素上に投影される様にし、各画素の光束の強度を参考にして重心位置を求めることもできる。この様に重心の計算をすることにより、素子の1/10以下の測定位置精度を確保することができる。S4で重心位置を検出した後、S5で参照反射部2000の測定を終了する。

【0102】[第2実施例]

【0103】本発明の第2実施例の光学特性測定装置20000は、角膜形状を測定する場合の光学的構成である。図7に示す様に光学的構成は、第1実施例と同様であり、角膜が測定可能に構成されている。

【0104】図7を参照しながら、第1実施例と相違する点を中心に説明する。受光光学系においては、作動距離光学系である第3受光部530の出力により適切な作動距離調整及びアライメント光学系の第2受光部520の出力により、適切なアライメント調整がなされた状態で、第1受光部510は、被検眼角膜の曲率中心と対物レンズ310及びコリメートレンズ320を介して共役関係となる様に配置されている。即ち、第1光源100と被検眼1000の角膜の曲率中心とが共役であり、参照反射部2000(模型眼)の曲率中心と第1受光部510とが共役となっている。更に、第2光源110と被検眼1000の瞳孔とが共役であり、瞳孔と第2受光部520とが共役となっている。

【0105】アライメントは、次の様に行われる。第2照明光学系200Bの第2の光源部110からの光束を集光レンズ370、ビームスプリッター350、340を介して対象物である被検眼1000を略平行な光束で照明する。被検眼角膜で反射した反射光束は、あたかも角膜曲率半径の1/2の点から射出したような発散光束で射出される。この発散光束は、第2受光光学系300Bであるビームスプリッター350、340及び集光レンズ370を介して第2受光部520でスポット像として受光される。第2受光部520上でスポット像が光軸上から外れている場合には、これが光軸上にくる様に光学特性測定装置10000本体を上下左右に移動調整する。第2受光部520上でスポット像が光軸上に一致し

たときに、アライメント調整が完了する。

【0106】第2の光源部110の波長は、第1の光源部100の波長と異なり、これよりも長い波長、例えば940nmが選択できる。

【0107】第2アフォーカルレンズ312の前側焦点位置は、第1実施例とは異なり、被検眼角膜と略一致している。

【0108】また同様に適切な作動距離及び適切なアライメント調整がなされた状態で、第1照明光学系200Aの照明光束が被検眼1000の角膜の曲率中心に向かって収束するように第1照明光学系200Aを移動・調整する。正しく、第1照明光学系200Aの照明光束が被検眼1000の角膜の曲率中心に向かって収束しているかどうかは、第1照明光学系200Aを光軸方向に微動させ、その前後で、第1受光部510の出力が最大となるように、移動・調整が行われる。

【0109】角膜形状は、まず適切な作動距離調整がなされた状態で、第1照明光学系200Aからの光束が角膜曲率中心に収束するように、第1照明光学系200A及びこれと連動して第1受光光学系300Aを移動させ、第1受光光学系300Aの第1受光部510の出力が最大となったときの、角膜頂点位置と第1受光光学系300Aの収束位置までの距離が角膜の曲率半径に対応することとなる。

【0110】即ち、作動距離調整が完了したこととなる。

【0111】被検眼1000の角膜の曲率中心に光束が収束する様に、第1照明光学系200Aを光軸方向に移動させれば、光束の収束度合いを変化させることができるが、この変化に応じて、参照光路202Aのレンズ380により、第1照明光学系200Aの光束がレンズ380の前面の曲率中心に向かって収束する様にレンズ380を光軸方向に移動させる。いわゆる眼軸長の調整に相当するものである。

【0112】本第2実施例での具体的な測定方法・手順に関しては、第1実施例で説明した図6と略同様のため、その詳細な説明は省略する。

【0113】求められたゼルニケ多項式が角膜の光学的特性(形状、曲率半径、パワーなど)を表すこととなる。

【0114】なお、その他の構成、作用等は、第1実施例と同様であるから説明を省略する。

【0115】[第3実施例]

【0116】第1実施例の屈折力を計測する光学特性測定装置10000と、第2実施例の角膜形状を計測する光学特性測定装置20000とを、組み合わせることができる。

【0117】「測定原理」

【0118】ここで、第1受光部510で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼1000の光学特性を求める

ための演算部600の動作原理について詳細に説明する。

【0119】本発明によって測定されるものは、眼の波面収差である。

【0120】変換部材400の縦横の座標をX、Yとし、第1受光部510の縦横座標をx、yとすれば、

【0121】一般に第3式で表される波面W(X、Y)は、下記の第1式と第2式の関係で結び付けられる。

【0122】「数1」

$$\frac{\partial W(X, Y)}{\partial X} = \frac{\Delta x}{f}$$

【0123】・・・・・・第1式

【0124】「数2」

$$\frac{\partial W(X, Y)}{\partial Y} = \frac{\Delta y}{f}$$

*

$$Z_{nm} = R_n^{n-2m}(r) \left\{ \frac{\sin}{\cos} \right\} \left\{ (n-2m)\theta \right\}$$

$n-2m > 0$ のとき sin

$n-2m \leq 0$ のとき cos

【0131】・・・・・・第4式

【0132】「数5」

$$R_n^{n-2m}(r) = \sum_{s=0}^m (-1)^s \frac{(n-s)!}{s!(m-s)!(n-m-s)!} r^{n-2s}$$

【0133】・・・・・・第5式

【0134】そして、下記の第6式の自乗誤差を最小にすることにより、未知量のC₁を求めることができる。

【0135】「数6」

$$S(x) = \sum_{i=1}^n \left[\left\{ \frac{\partial W(X_i, Y_i)}{\partial X} - \frac{\Delta x}{f} \right\}^2 + \left\{ \frac{\partial W(X_i, Y_i)}{\partial Y} - \frac{\Delta y}{f} \right\}^2 \right]$$

【0136】・・・・・・第6式

【0137】以上の様に求められたC₁を利用することにより、眼の光学的に重要なパラメータとして利用することができる。

【0138】ここで、ゼルニケの多項式の意味を示す。

【0139】

Z₁₀、Z₁₁ ティルト

Z₂₁ デフォーカス

Z₂₀、Z₂₂ 3次非点収差

* 【0125】・・・・・・第2式

【0126】「数3」

$$W(X, Y) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^i c_{ij} Z_{ij}(X, Y)$$

【0127】・・・・・・第3式

【0128】そこで、第3式の両辺を、変換部材400上の座標X、Yでそれぞれ微分し、第1式と第2式の左辺に代入すると、C₁の多項式を得ることができる。

【0129】なお、第3式のZ_{ij}は、ゼルニケの多項式と呼ばれるものであり、下記の第4式と第5式で表されるものである。

【0130】「数4」

Z ₃₀ 、Z ₃₃	矢状収差
Z ₃₁ 、Z ₃₂	3次コマ収差
Z ₄₂	3次球面収差
Z ₄₁ 、Z ₄₃	5次非点収差
Z ₅₂ 、Z ₅₃	5次コマ収差
Z ₆₃	5次球面収差
Z ₆₄	7次球面収差

【0140】「参照反射部2000による機器の収差の除去について」

【0141】X-Y平面(瞳)と、X1-Y1平面(ハルトマン板)は、光学的に共役(倍率:β)である。fは、ハルトマン板(400)からCCD(第1の受光部510)までの距離であり、ハルトマン板(400)のマイクロレンズの焦点距離に等しい。

【0142】図8に示す様に、X2を測定器の光学系が無収差の場合のハルトマン像点位置とし、X2'を測定器の収差のみのハルトマン像点位置とし、X2''を被検眼1000の収差+測定器の収差を含んだハルトマン像点位置とすると、

【0143】被検眼1000の収差と測定装置の測定光学系の収差を含んだ波面収差W_Tは、次式で表される。

【0144】「数7」

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial W_T}{\partial X} &= \frac{X2'' - X2}{f} \\ \frac{\partial W_T}{\partial Y} &= \frac{Y2'' - Y2}{f} \end{aligned} \right\}$$

【0145】・・・・・・第7式

【0146】が成り立つ。

【0147】以後、Yに関する式は、XをYに置き換えればよいので、省略する。

【0148】ここで、 W_R を測定装置の測定光学系の波面収差とすれば、

【0149】「数8」

$$\frac{\partial W_R}{\partial X} = \frac{X2' - X2}{f}$$

【0150】・・・・・・第8式

【0151】ここで、 W_E を測定眼の波面収差とすれば、

【0152】「数9」

$$\frac{\partial W_E}{\partial X} = \frac{X2'' - X2'}{f}$$

【0153】・・・・・・第9式

【0154】 $X2$ は、計算上の参照点とも考えられ、この点を参照点とした計算には、波面収差 W_T に眼の収差と測定装置の収差との両方が含まれている。従って、機器の収差をキャンセルするために、従来技術では、予め収差のない被検物を使用して機器の収差を測定することが行われていた。

【0155】しかし、この方法では、初期に測定したデータを使用するため、その後生じた機器の歪や、温度による変形等に起因する機器の収差に含まれてしまう。このため、 W_T ：参照反射部2000の収差+初期測定後に生じた収差となる。

【0156】本発明では、毎回参照光路を測定し、そこで測定されたスポットの位置を $X2'$ とすることにより、測定時の収差を完璧に取り除くことができ、極めて正確な測定を行うことができる。

【0157】即ち、第8式を利用して、

【0158】「数10」

$$\frac{\partial (W_T - W_R)}{\partial X} = \frac{X2'' - X2'}{f}$$

【0159】・・・・・・第10式

【0160】を得ることができる。

【0161】

【効果】以上の様に構成された本発明は、第1波長の光

束を発するための第1光源と、該第1光源からの光束で被検眼の対象面に向けて照明し、該被検眼対象面から反射して戻ってくる光束を受光するための測定光学系と、該第1光源からの光束で参照反射物の反射面上を微小な領域を照明し、該参照反射物から反射して戻ってくる光束を受光するための参照光学系と、前記測定光学系又は及び参照光学系で受光された反射光束を複数のビームに変換するための第1変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光するための第1受光部と、前記測定光学系及び前記参照光学系の光束を交互に前記第1受光部に導くための切換部と、第1受光部で得られた測定光学系からの光束の受光位置及び前記参照光学系からの光束の受光位置に基づいて被検眼の光学特性を求めるための演算制御部とから構成されているので、測定時の収差を完璧に取り除くことができ、極めて正確な測定を行うことができるという卓越した効果がある。

【0158】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の光学特性測定装置1000の構成を示す図である。

【図2】第1実施例の光学特性測定装置10000の電気的構成を示す図である。

【図3(a)】第4の駆動部940の例を説明する図である。

【図3(b)】第4の駆動部940の例を説明する図である。

【図3(c)】第4の駆動部940の例を説明する図である。

【図4】第1実施例の動作を説明する図である。

【図5】第1実施例の動作を説明する図である。

【図6】第1実施例の動作を説明する図である。

【図7】第2実施例の光学特性測定装置20000の光学的構成を説明する図である。

【図8】原理を説明する図である。

【図9】ハルトマン板の開口を説明する図である。

【図10】参照反射部を説明する図である。

【符号の説明】

1000 第1実施例の光学特性測定装置

2000 第2実施例の光学特性測定装置

1000 被検眼

2000 参照反射部

100 第1の光源部

110 第2の光源部

120 第3の光源部

130 第4の光源部

200A 第1照明光学系

220 シリンダーレンズ

300A 第1受光光学系

300B 第2受光光学系

310 対物レンズ

(11)

特開2001-321340

19

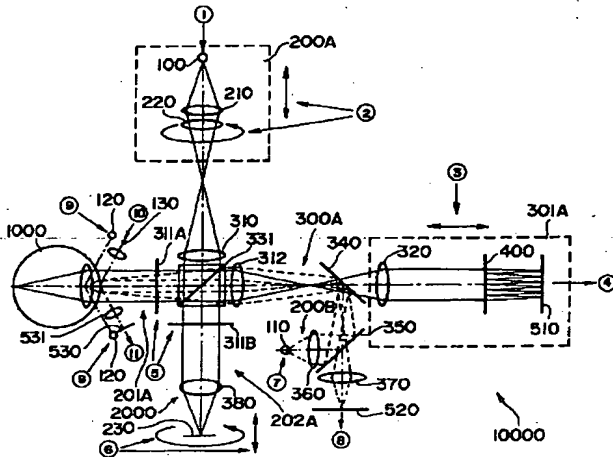
20

311A 第1のチョッパ
 311B 第2のチョッパ
 320 コリメートレンズ
 331 プリズム
 340 ビームスプリッタ
 350 ビームスプリッタ

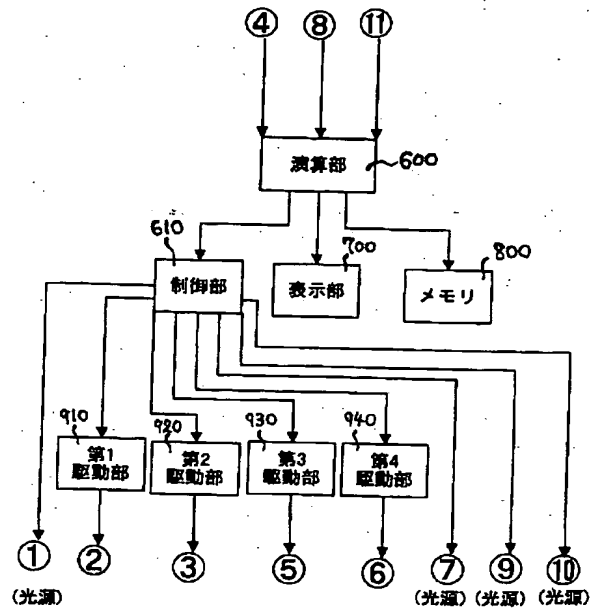
* 400 第1変換部材
 510 第1受光部
 520 第2受光部
 530 第3受光部
 600 演算部
 * 700 表示部

【図1】

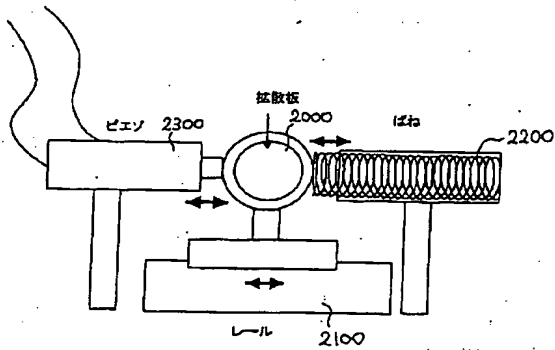
【図2】



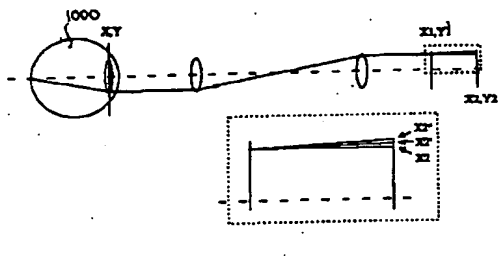
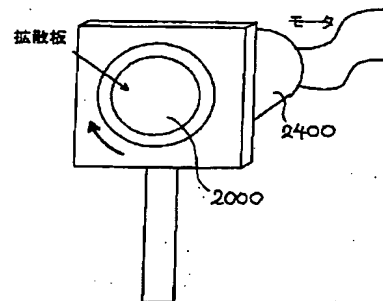
【図3(a)】



【図3(b)】

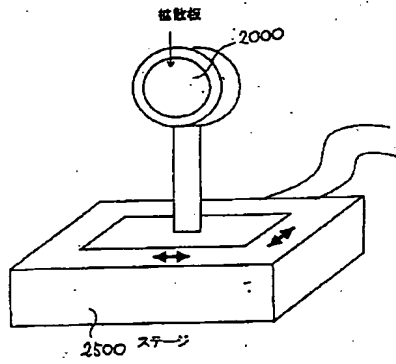


【図8】

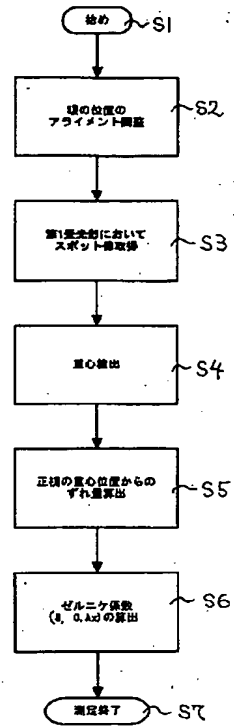


【図10】

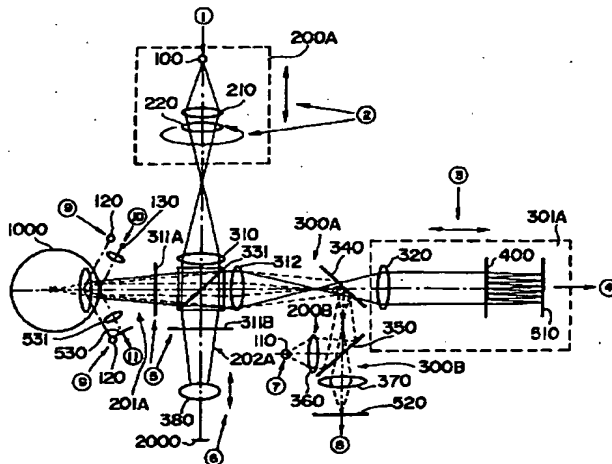
【図3(c)】



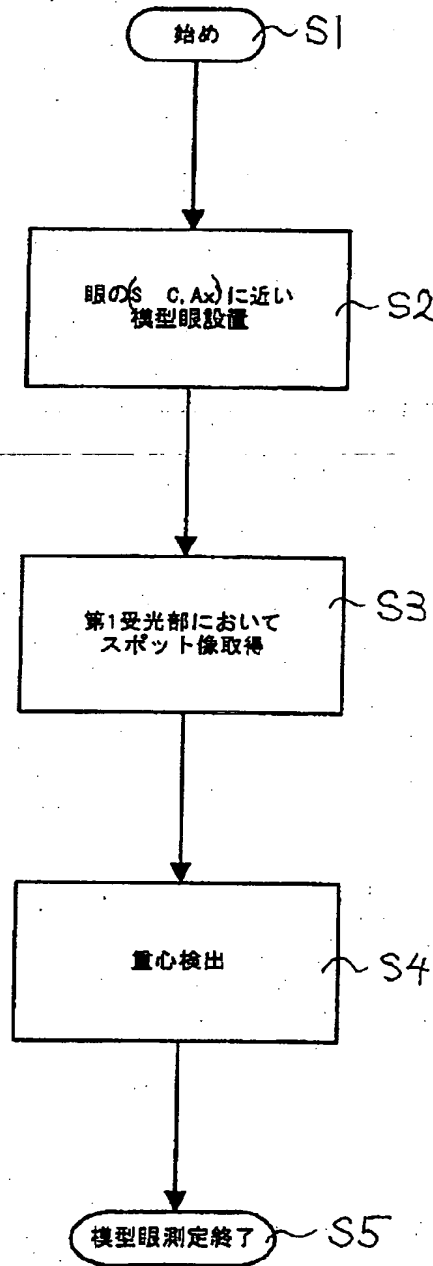
【図5】



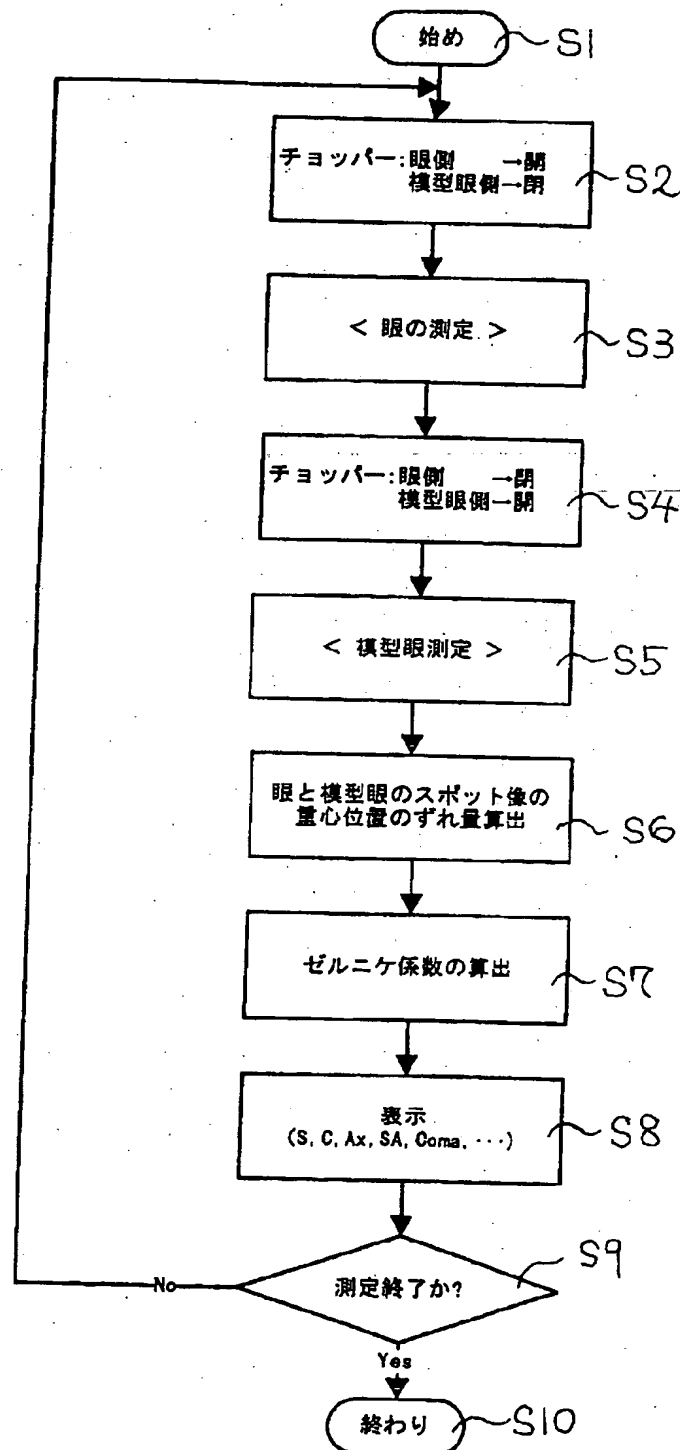
【図7】



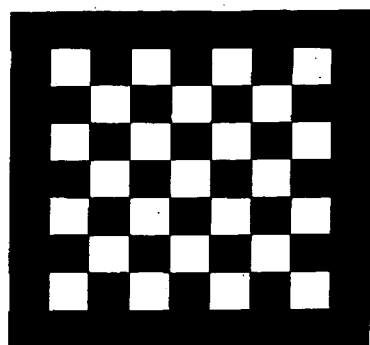
【図4】



【図6】

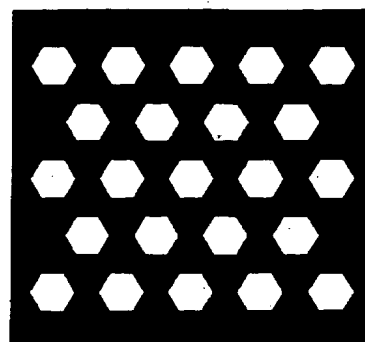


【図9】



(a)

400



(b)

400

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.